不同类型酒糟营养成分组成差异的比较研究

李　倩[1]　裴朝曦[1*]　王之盛[1**]　彭全辉[1]　薛　白[1]　王立志[1]　邹华围[1]　周　婷[1]

李峰鹏[1]　王雪莹[1]　祝伊枭[1]　夏　科[2]

（1.四川农业大学动物营养研究所，雅安 625014；2.中粮（成都）粮油工业有限公司，成都 610000）

摘　要：本研究旨在比较不同类型酒糟营养成分组成差异并评定其营养价值。采集了 5 类酒糟样品共 24 个，其中浓香型高粱酒糟 8 个，酱香型高粱酒糟 4 个，青稞酒糟 4 个，玉米酒糟 3 个，啤酒糟 5 个，分析其养分组成，并应用康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系（CNCPS）对其瘤胃降解特性进行评定，利用原子吸收法测定其铁、铜、锰、锌含量，并测定其抗营养因子单宁和硅含量。结果表明：1）啤酒糟 pH 和初水含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$）。2）啤酒糟粗蛋白质含量最高，显著高于浓香型高粱酒糟、青稞酒糟和玉米酒糟（$P<0.05$）。啤酒糟和酱香型高粱酒糟中性洗涤不溶蛋白质（NDIP）含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$）。浓香型高粱酒糟和酱香型高粱酒糟酸性洗涤不溶蛋白质（ADIP）含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$）。玉米酒糟粗脂肪含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$）。浓香型高粱酒糟的粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和酸性洗涤木质素含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$）。玉米酒糟淀粉含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$），啤酒糟淀粉含量显著低于其他酒糟（$P<0.05$）。3）按 CNCPS 划分，啤酒糟快速降解碳水化合物（CA）比例显著高于其他酒糟（$P<0.05$），玉米酒糟中速降解碳水化合物（CB_1）比例显著高于其他酒糟（$P<0.05$），浓香型高粱酒糟不可降解碳水化合物（CC）比例显著高于其他酒糟（$P<0.05$），啤酒糟慢速降解真蛋白质（PB_3）比例显著高于其他酒糟（$P<0.05$），浓香型高粱酒糟不可降解真蛋白质（PC）比例显著高于其他酒糟（$P<0.05$）。4）浓香型高粱酒糟和酱香型高粱酒糟铁和锰含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$），啤酒糟铜和锌含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$）。5）啤酒糟单宁含量显著低于其他酒糟（$P<0.05$），浓香型高粱酒糟硅含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$）。由此可见，不同类型酒糟营养成分组成差异较大。玉米酒糟提供了最优质的碳水化合物组分，啤酒糟提供了最优质的蛋白质组分，青稞酒糟和酱香型高粱酒糟品质较优，浓香型高粱酒糟品质

收稿日期：2017-11-22
基金项目：四川省科技支撑计划：牦牛、肉牛专用补饲料研发与示范（2016NZ0008）；国家现代农业（肉牛/牦牛）产业技术体系（CARS-38）
作者简介：李　倩（1991—），女，河北石家庄人，硕士研究生，从事反刍动物营养研究。E-mail: 1549800577@qq.com。
*同等贡献作者
**通信作者：王之盛，教授，博士生导师，E-mail: zswangsicau@126.com

最差，应根据实际生产需求合理添加。

关键词：酒糟；营养成分；CNCPS

中图分类号：S816.11　　　　　　　文献标识码：　　文章编号：

酒糟是酿酒工业副产物，其产量巨大、营养丰富、价格低廉，用作动物饲料能够节省大量粮食，具有很大的开发利用前景。生产中常用的酒糟主要为白酒糟和啤酒糟，而白酒糟又可按照生产原料进行分类，如高粱酒糟、玉米酒糟、青稞酒糟、薯类酒糟等[1]。其中高粱酒糟根据传统发酵工艺的不同又可分为浓香型、酱香型等[2]。此外玉米酒糟、青稞酒糟、薯类酒糟等多为纯原粮酒糟，多为农户或小作坊烤酒副产品，其来源较少、产量较小。我国酒糟种类繁多，酿酒原料和酿造工艺各有不同，因此酒糟的营养成分组成差异较大[3]。

康奈尔净碳水化合物-蛋白质体系（Cornell net carbohydrate and protein system，CNCPS）通过计算饲料碳水化合物和蛋白质组分的降解和流通率来预测瘤胃的发酵程度、微生物蛋白质的产生、后瘤胃的吸收以及对动物代谢能和蛋白质的总供给量等，对饲料的生物学价值做出了有效预测[4]。目前，对酒糟的营养价值评定多用概略养分分析法。因此，本研究旨在比较不同类型酒糟营养成分组成差异并评定其营养价值，以弥补不同类型酒糟 CNCPS 组分数据的缺乏，补充和完善不同类型酒糟的营养价值数据库资料，为指导科学利用酒糟进行饲粮配制提供基础数据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

分别从四川省（成都、宜宾、泸州和乐山）、青海省（海北、海东和合作）、云南省（昆明和临沧）、河南省（郑州）以及河北省（石家庄）共采集酒糟样品 24 个，其中浓香型高粱酒糟 (*Luzhou*-sorghum distillers’ grains， L-SDG) 样品 8 个，酱香型高粱酒糟 (*Maotai*-sorghum distillers’ grains，M-SDG)样品 4 个，青稞酒糟(highland barley distillers’ grains，HBDG)样品 4 个，玉米酒糟(corn distillers’ grains，CDG)样品 3 个，啤酒糟(barley brewers’ grains，BBG)样品 5 个（均为大麦啤酒糟）。

本试验采用几何采样法进行样品采集，将新鲜酒糟装入密封袋后用保鲜盒带回实验室。在 65 ℃烘箱烘干制成风干样，粉碎过 40 目筛用于营养成分测定，密封保存于 4 ℃备用。

1.2　测定指标及方法

酒糟样品的容重及初水、干物质(DM)、粗纤维(CF)、粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、酸性洗涤木质素(ADL)、粗灰分(Ash)、钙(Ca)、总磷(TP)含量等常规营养成分依据《饲料分析及饲料质量检测技术》[5]的标准方法进行测

定；无氮浸出物(NFE)含量通过计算得到；中性洗涤不溶蛋白(neutral detergent insoluble protein，NDIP)和酸性洗涤不溶蛋白(acid detergent insoluble protein，ADIP)的含量按照 Van Soest 氏法进行测定；可溶性蛋白(SCP)的含量按照 Krishnamoorthy 等[7]的方法进行测定；非蛋白氮(NPN)的含量参照 Licitra 等[8]方法进行测定；淀粉(starch)含量参照 AOAC(996.11)标准方法，使用淀粉含量检测试剂盒测定；pH 用 pH 计测定[9]。矿物元素铁(Fe)、铜(Cu)、锰(Mn)、锌(Zn)采用原子吸收法测定；单宁(tannin)含量采用 GB/T 27985-2011 分光光度法测定；硅(Si)含量参照戴伟民等[10]的方法进行测定；霉菌毒素含量采用酶联免疫吸附测定试验(ELISA)试剂盒测定。

1.3 CNCPS 组分计算方法

CNCPS 组分计算参照 Sniffen 等[11]提出的计算方法。

1.4 数据统计与分析

用 SPSS 22.0 进行单因子方差分析以及 Duncan 氏法多重比较检验，以 $P<0.05$ 表示为差异显著，结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同类型新鲜酒糟的物理特性

由表 1 可以看出，玉米酒糟的容重显著高于啤酒糟和鲜浓香型高粱酒糟（$P<0.05$）。啤酒糟的 pH 显著高于其他酒糟（$P<0.05$），pH 的高低为：啤酒糟>酱香型高粱酒糟>浓香型高粱酒糟>青稞酒糟>玉米酒糟。啤酒糟的初水含量显著高于其他酒糟（$P<0.05$），玉米酒糟的初水含量显著高于浓香型高粱酒糟、酱香型高粱酒糟和青稞酒糟（$P<0.05$）。

表 1 不同类型新鲜酒糟物理特性

Table 1 Physical characteristics of different types of fresh distillers' grains

项目 Items	浓香型高粱酒糟 L-SDG	酱香型高粱酒糟 M-SDG	青稞酒糟 HBDG	玉米酒糟 CDG	啤酒糟 BBG
容重 Bulk density/(g/L)	445.96±26.62^{c}	524.50±15.61^{ab}	506.33±12.46^{ab}	534.44±25.89^{a}	496.13±26.83^{b}
pH	3.65±0.18^{c}	3.94±0.14^{b}	3.59±0.08^{c}	3.51±0.06^{c}	4.56±0.25^{a}
初水 Initial moisture/%	58.42±4.17^{c}	56.47±6.18^{c}	59.91±1.72^{c}	72.12±1.79^{b}	78.77±3.57^{a}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。表 3、表 4、表 5 同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference

(*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as Table 3, Table 4 and Table 5.

2.2　不同类型酒糟常规营养成分含量

由表 2 可以看出，不同类型酒糟的 DM 含量差异不显著（*P*>0.05），不同类型酒糟其他各营养成分含量均存在差异。啤酒糟的 CP 含量最高，比酱香型高粱酒糟高 11.78%（*P*＞0.05），比青稞酒糟高 13.79%（*P*<0.05），比玉米酒糟高 21.54%（*P*<0.05），比浓香型高粱酒糟高 38.73%（*P*<0.05）。玉米酒糟的 EE 含量显著高于其他酒糟（*P*<0.05）。玉米酒糟的 NFE 含量最高，比青稞酒糟高 17.69%（*P*＞0.05），比啤酒糟高 25.13%（*P*<0.05），比酱香型高粱酒糟高 31.90%（*P*<0.05），比浓香型高粱酒糟高 32.00%（*P*<0.05）。浓香型高粱酒糟高和酱香型高粱酒糟的 Ash 含量显著高于其他酒糟（*P*<0.05）。浓香型高粱酒糟的 CF 含量显著高于其他酒糟（*P*<0.05）；玉米酒糟的 CF 含量最低，比青稞酒糟低 26.89%（*P*<0.05），比酱香型高粱酒糟低 33.46%（*P*<0.05），比啤酒糟低 34.35%（*P*<0.05），比浓香型高粱酒糟低 60.13%（*P*<0.05）。

不同类型酒糟之间纤维组分和淀粉含量也均存在差异。浓香型高粱酒糟的 NDF、ADF 和 ADL 含量显著高于其他酒糟（*P*<0.05）；玉米酒糟的 NDF、ADF 和 ADL 含量最低。玉米酒糟的淀粉含量显著高于依次降低的青稞酒糟、浓香型高粱酒糟、酱香型高粱酒糟和啤酒糟（*P*<0.05）。

对不同类型酒糟蛋白质营养成分分析可知，啤酒糟和酱香型高粱酒糟的 NDIP 含量显著高于浓香型高粱酒糟、青稞酒糟和玉米酒糟（*P*<0.05），玉米酒糟最低。浓香型高粱酒糟和酱香型高粱酒糟的 ADIP 含量显著高于青稞酒糟、玉米酒糟和啤酒糟（*P*<0.05）。青稞酒糟的 SCP 含量最高，显著高于其他酒糟（*P*<0.05）；啤酒糟的 SCP 含量最低，显著低于其他酒糟（*P*<0.05）。青稞酒糟的 NPN 含量显著高于其他酒糟（*P*<0.05）。

表 2　不同类型酒糟常规营养成分含量（干物质基础）

Table 2　Routine nutrients contents of different types of distillers' grains (DM basis)　　%

项目 Items	干物质 DM	粗灰分 Ash	粗脂肪 EE	粗纤维 CF	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF	酸性洗涤木质素 ADL	无氮浸出物 NFE	粗蛋白质 CP	中性洗涤不溶蛋白 NDIP	酸性洗涤不溶蛋白 ADIP	可溶性蛋白 SCP	非蛋白氮 NPN	淀粉 Starch
浓香型高粱酒糟 L-SDG	89.40±3.18	$9.91±2.04^{a}$	$4.83±2.29^{c}$	$28.57±3.10^{a}$	$53.43±5.29^{a}$	$45.93±3.76^{a}$	$15.35±2.11^{a}$	$29.33±6.70^{b}$	$16.75±1.64^{c}$	$7.90±1.17^{b}$	$7.10±0.99^{a}$	$4.83±1.81^{b}$	$3.68±1.41^{b}$	$13.68±3.32^{bc}$
酱香型高粱酒糟 M-SDG	88.70±2.30	$10.13±1.42^{a}$	$7.95±2.47^{b}$	$17.12±2.06^{b}$	$43.54±1.76^{bc}$	$36.92±2.52^{b}$	$10.40±0.67^{b}$	$29.37±6.19^{b}$	$24.12±2.30^{ab}$	$10.81±1.24^{a}$	$6.98±0.81^{a}$	$3.97±1.28^{b}$	$2.68±0.88^{bc}$	$12.20±3.07^{c}$
青稞酒糟 HBDG	89.61±2.22	$6.07±1.57^{b}$	$7.33±1.36^{bc}$	$15.58±1.95^{b}$	$39.13±2.03^{cd}$	$25.74±1.68^{cd}$	$5.81±0.98^{c}$	$35.50±7.80^{ab}$	$23.57±2.58^{b}$	$7.40±1.94^{b}$	$3.13±0.87^{b}$	$8.67±0.96^{a}$	$7.13±1.06^{a}$	$16.74±0.79^{b}$
玉米酒糟 CDG	89.70±3.23	$1.97±0.39^{c}$	$13.85±1.71^{a}$	$11.39±1.22^{c}$	$36.08±1.60^{d}$	$22.33±1.40^{d}$	$2.96±0.53^{d}$	$43.13±1.65^{a}$	$21.45±1.22^{b}$	$4.34±0.74^{c}$	$2.11±0.80^{bc}$	$5.01±1.62^{b}$	$4.17±1.34^{b}$	$20.92±1.49^{a}$
啤酒糟 BBG	91.10±1.34	$3.91±0.46^{c}$	$10.21±1.62^{b}$	$17.35±1.77^{b}$	$46.16±1.94^{b}$	$27.58±1.44^{c}$	$5.77±0.61^{c}$	$32.29±2.56^{b}$	$27.34±3.69^{a}$	$12.42±1.52^{a}$	$1.65±0.60^{c}$	$1.64±0.34^{c}$	$1.25±0.32^{c}$	$3.31±0.85^{d}$

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$).

2.3　不同类型酒糟碳水化合物组分和蛋白质组分含量

由表 3 可以看出，浓香型高粱酒糟的 CHO 含量显著高于啤酒糟和酱香型高粱酒糟（$P<0.05$），但啤酒糟的快速降解碳水化合物（CA）比例显著高于其他酒糟（$P<0.05$），浓香型高粱酒糟的 CA 比例最低。玉米酒糟的中速降解碳水化合物（CB_1）比例最高，显著高于其他酒糟（$P<0.05$）；啤酒糟 CB_1 比例最低，显著低于其他酒糟（$P<0.05$）。酱香型高粱酒糟和浓香型高粱酒糟的慢速降解碳水化合物（CB_2）比例显著低于其他酒糟（$P<0.05$）。浓香型高粱酒糟的不可降解碳水化合物（CC）比例显著高于其他酒糟（$P<0.05$），玉米酒糟的 CC 比例显著低于其他酒糟（$P<0.05$）。综上，玉米酒糟的碳水化合物质量最好。

啤酒糟的慢速降解真蛋白质（PB_3）比例最高，显著高于其他酒糟（$P<0.05$）；青稞酒糟和酱香型高粱酒糟的 PB_3 比例显著高于依次降低的玉米酒糟和浓香型高粱酒糟（$P<0.05$）。啤酒糟的不可降解真蛋白质（PC）比例最低，显著低于浓香型高粱酒糟、酱香型高粱酒糟和青稞酒糟（$P<0.05$）；浓香型高粱酒糟的 PC 比例显著高于依次降低的酱香型高粱酒糟、青稞酒糟、玉米酒糟和啤酒糟（$P<0.05$）。综上，啤酒糟的蛋白质质量最好。

表 3　不同类型酒糟碳水化合物和蛋白质组分含量

Table 3　Carbohydrate and protein component contents of different types of distillers' grains

项目 Items	浓香型高粱酒糟 L-SDG	酱香型高粱酒糟 M-SDG	青稞酒糟 HBDG	玉米酒糟 CDG	啤酒糟 BBG
碳水化合物 CHO/%DM	68.50±4.19[a]	57.80±3.98[b]	63.03±4.77[ab]	62.73±0.22[ab]	58.54±4.83[b]
快速降解碳水化合物 CA/%	13.43±8.30[b]	21.99±6.02[b]	22.78±6.36[b]	16.05±1.16[b]	36.61±2.68[a]
中速降解碳水化合物 CB_1/%	19.79±3.95[c]	20.96±4.18[c]	26.73±3.11[b]	33.35±2.49[a]	5.78±2.01[d]
慢速降解碳水化合物 CB_2/%	12.87±8.05[c]	13.78±7.04[c]	28.25±0.70[b]	39.28±1.95[a]	33.93±2.90[ab]
不可降解碳水化合物 CC/%	53.91±7.97[a]	43.27±3.00[b]	22.24±4.27[c]	11.32±1.99[d]	23.69±2.13[c]
非结构性碳水化合物	33.22±8.74[b]	42.95±7.95[ab]	49.51±4.29[a]	49.40±3.20[a]	42.39±2.02[ab]

NSC/%					
非蛋白氮					
PA/%CP	22.06±8.30^{ab}	11.40±4.37^{cd}	30.29±3.61^{a}	19.55±6.81^{bc}	4.71±1.48^{d}
快速降解真蛋白质					
PB_1/%	7.04±3.70^{a}	5.41±3.09^{ab}	6.58±2.23^{a}	3.92±1.50^{ab}	1.44±0.67^{b}
中速降解真蛋白质					
PB_2/%	23.54±14.16^{c}	37.83±13.60^{bc}	32.05±4.84^{bc}	56.26±11.84^{a}	48.36±3.08^{ab}
慢速降解真蛋白质					
PB_3/%	4.74±2.83^{d}	16.19±5.52^{b}	17.85±5.54^{b}	10.35±1.13^{c}	39.59±2.17^{a}
不可降解真蛋白质					
PC/%	42.62±6.39^{a}	29.17±4.45^{b}	13.23±2.92^{c}	9.91±4.07^{cd}	5.90±1.51^{d}

2.4 不同类型酒糟矿物元素含量

由表 4 可以看出，浓香型高粱酒糟的钙磷比例适宜，其余酒糟都是总磷含量高于钙含量，钙磷比例不适宜。浓香型高粱酒糟和酱香型高粱酒糟的 Fe 含量显著高于青稞酒糟、玉米酒糟和啤酒糟（P<0.05）。啤酒糟的 Cu 含量显著高于其他酒糟（P<0.05）。酱香型高粱酒糟的 Mn 含量显著高于其他酒糟（P<0.05），玉米酒糟的 Mn 含量显著低于其他酒糟（P<0.05）。啤酒糟的 Zn 含量显著高于其他酒糟（P<0.05）。

表 4 不同类型酒糟矿物元素含量（干物质基础）

Table 4 Mineral elements contents of different types of distillers' grains (DM basis)

项目 Items	浓香型高粱酒糟 L-SDG	酱香型高粱酒糟 M-SDG	青稞酒糟 HBDG	玉米酒糟 CDG	啤酒糟 BBG
钙 Ca/%DM	0.46±0.17^{a}	0.58±0.22^{a}	0.37±0.14^{ab}	0.18±0.06^{b}	0.41±0.10^{a}
总磷 TP/%DM	0.32±0.13^{c}	0.59±0.14^{ab}	0.78±0.25^{a}	0.44±0.14^{bc}	0.62±0.25^{ab}
铁 Fe/(mg/kg)	1247.00±372.31^{a}	1541.93±361.55^{a}	573.84±25.96^{b}	140.16±24.46^{c}	403.71±136.73^{bc}
铜 Cu/(mg/kg)	19.75±4.03^{cd}	29.28±4.02^{b}	22.77±3.30^{bc}	13.72±4.92^{d}	44.73±6.48^{a}
锰 Mn/(mg/kg)	181.81±33.36^{b}	226.69±21.52^{a}	118.21±33.64^{c}	27.41±9.62^{d}	101.95±8.72^{c}

锌 Zn/(mg/kg)	73.47±22.00[c]	103.21±4.81[b]	68.91±10.22[c]	66.99±17.85[c]	149.70±15.75[a]

2.5　不同类型酒糟抗营养因子含量

由表 5 可以看出，酱香型高粱酒糟的单宁含量显著高于依次降低的玉米酒糟、青稞酒糟和啤酒糟（P<0.05）。浓香型高粱酒糟的 Si 含量最高，显著高于其他酒糟（P<0.05），高于酱香型高粱酒糟 35.47%（P<0.05），高于青稞酒糟 53.95%（P<0.05），高于啤酒糟 77.63%（P<0.05），高于玉米酒糟 94.07%（P<0.05）。

表 5　不同类型酒糟抗营养因子含量（干物质基础）

Table 5　Anti-nutritional factors contents of different types of distillers’ grains (DM basis)

项目 Items	浓香型高粱酒糟 L-SDG	酱香型高粱酒糟 M-SDG	青稞酒糟 HBDG	玉米酒糟 CDG	啤酒糟 BBG
单宁 Tannin/(mg/kg)	125.09±20.77[ab]	137.78±13.33[a]	90.86±8.40[c]	113.22±4.61[b]	47.71±9.47[d]
硅 Si/(g/kg)	28.84±3.36[a]	18.61±3.14[b]	13.28±2.14[c]	1.71±0.23[e]	6.45±0.99[d]

2.6　不同类型酒糟霉菌毒素含量

本试验 24 个酒糟样品中黄曲霉毒素 B_1、玉米赤霉烯酮、呕吐毒素和赭曲霉毒素含量极少，仅有 1 个玉米酒糟检测出极少量的黄曲霉毒素 B_1，其余样品均未检测出霉菌毒素。

3　讨　论

3.1　不同类型新鲜酒糟物理特性差异

本试验中浓香型高粱酒糟容重最低，玉米酒糟容重最高，可能是前者稻壳含量高，相同体积内的密度小，导致其容重低。徐建等[12]测定四川地区的 9 种白酒糟的容重为 401.0～614.6 g/L，与本试验结果相似。谭之磊等[13]报道，白酒糟酸度为 3，低于本试验结果，可能与样品来源、样品的新鲜程度等的差异有关。啤酒糟的酸度显著高于其他酒糟，可能是啤酒与白酒酿造工艺的差异导致的。此外，啤酒糟初水含量约为 78.77%，玉米酒糟初水约为 72.12%，与焦肖飞等[14]报道啤酒糟含水量约为 80%一致。总体来说，不同酒糟的物理特性均有差异，同类型酒糟之间的物理特性类似。且由于不同啤酒糟的原料和工艺差异较小，所以它们之间物理特性差异不大；但不同白酒糟的工艺和原料差异较大，它们之间的物理特性差异比啤酒糟大。

3.2　不同类型酒糟常规营养成分含量差异

由本试验结果可以看出，玉米酒糟的 EE、NFE 和淀粉含量显著高于其他酒糟，能为反刍动物提供较多的能量，与杨嘉伟[15]和 Kelzer 等[16]报道的玉米酒糟的 EE 含量一致。啤酒糟淀粉含量最低，仅为玉米酒糟的 15.82%，与李颖丽[17]研究结果一致。浓香型高粱酒糟和酱香型高粱酒糟的 Ash 含量显著高于其他酒糟，可能是这 2 种酒糟原料中含有稻壳。同时，浓香型高粱酒糟的 CF、NDF、ADF 和 ADL 含量显著高于其他酒糟，高含量的纤维会影响酒糟的适口性[18]，降低动物对 CP 和其他有机物的消化率[19]，进而影响动物的采食量。本试验结果与谭之磊等[13]和徐建[20]报道的白酒糟结果相似。

啤酒糟和酱香型高粱酒糟的 CP 含量较高，分别为 27.34%和 23.57%，且两者 CF 含量小于 18%，属于蛋白质饲料。同时啤酒糟的 NDIP 含量较高，ADIP 含量显著低于其他酒糟，蛋白质组成最优。浓香型高粱酒糟的 ADIP 含量显著高于其他酒糟，蛋白质组成最差。青稞酒糟的 SCP 和 NPN 含量显著高于其他酒糟，能被瘤胃快速降解吸收，同时 CP 含量（23.57%）也较高，蛋白质品质较优。本试验与陈艳[21]报道的白酒糟含氮类物质含量相似，略低于 Kelzer 等[16]和 Yu 等[22]结果中玉米酒糟的含量。

3.3　不同类型酒糟碳水化合物和蛋白质组分含量差异

本研究中，浓香型高粱酒糟、青稞酒糟和玉米酒糟的碳水化合物含量在 60%以上，是以提供碳水化合物为主的酒糟，但是浓香型高粱酒糟的非结构性碳水化合物占碳水化合物的比例较低，CC 比例高，说明浓香型高粱酒糟在瘤胃内不可降解部分含量高，利用效率较低。玉米酒糟和青稞酒糟的非结构性碳水化合物和 CB_1 占碳水化合物的比例最高，显著高于其他类型酒糟，且 CC 含量较低，说明玉米酒糟和青稞酒糟的碳水化合物在瘤胃内降解率较高，利用效率较高，能够为动物提供优质碳水化合物。

本研究中不同类型酒糟的蛋白质组分差异较低大。啤酒糟的中速降解真蛋白质（PB_2）和 PB_3 比例较高，这可能是由于在酿造过程中，大部分的可溶性蛋白质被酵母降解，而没有被降解的真蛋白质主要以中速和慢速降解蛋白质的形式保留了下来[23]，且啤酒糟的 PC 比例显著低于其他酒糟，说明啤酒糟 PB_3 比例较高，提供的蛋白质品质高于其他酒糟。青稞酒糟可溶性蛋白质组分非蛋白氮（PA）占 CP 的比例较高，玉米酒糟的 PB_2 比例较高，且 PC 比例较低，说明青稞酒糟和玉米酒糟的 CP 中 NPN 和可溶性真蛋白质含量较高，能够为动物提供优质的蛋白质。浓香型高粱酒糟的 PC 比例最高，显著高于其他酒糟，说明浓香型高粱酒糟在瘤胃内消化率较低，提供的蛋白质品质最差。

3.4　不同类型酒糟矿物元素含量差异

本试验中酒糟钙、总磷占 DM 含量分别为 0.13%～0.87%、0.29%～0.77%，与吕玉玲等

[24]和 Adams 等[25]报道的结果相似。高 Fe 除了妨碍 Cu 和 Zn 的吸收，还容易导致氧化应激。本试验中浓香型高粱酒糟和酱香型高粱酒糟的 Fe 含量在 828～1 999 mg/kg 之间，其中酱香型高粱酒糟的 Fe 含量最高，与张雅雪[26]和范占炼[27]研究结果相似。不同类型酒糟 Cu 含量在 10～51 mg/kg 之间，以啤酒糟 Cu 含量最高，高于 Adams 等[25]的结果。不同类型酒糟 Mn 含量在 21～252 mg/kg 之间，且高粱酒糟的 Mn 含量最高，与王晓力等[28]报道一致，略高于房进广[29]的结果。不同类型酒糟 Zn 含量在 49～161 mg/kg 之间，其中啤酒糟的 Zn 含量最高。但是，由于高 Fe 对 Zn 有竞争性吸收抑制，可能导致 Zn 的缺乏，因此高 Fe 低 Zn 酒糟应注意 Zn 的需要量。

3.5　不同类型酒糟抗营养因子含量差异

单宁能与蛋白质结合成难溶性的络合物[30]，会造成反刍动物采食量、饲料消化率、过瘤胃蛋白含量、氮利用率降低，以及氮排泄、甲烷排放提高等负面影响，且影响程度深浅主要与单宁的来源、浓度和结构相关[31]。研究结果显示，高粱单宁含量为 0.45%～1.68%[32]，但是在白酒酿造过程中微生物会产生单宁酶[33]，因此，酒糟单宁含量远远低于酿酒原料的单宁含量。稻壳中 Si 含量为 59～100 g/kg[34]。我国传统香型白酒的酒糟如酱香型酒糟、浓香型酒糟等稻壳含量分别为 8%～12%和 56%～68%[35]。饲料中 Si 含量较高时，会降低 CF 的可降解性，加快饲料通过消化道的速度；另外，饲料中 Si 含量较高时还增加了饲料中灰分含量，从而降低了单位重量内有效营养物质的量，营养价值降低[36]。因此，浓香型高粱酒糟除了瘤胃不可降解的组分较高之外，高含量的 Si 也影响了其在瘤胃内的降解。

3.6　不同类型酒糟霉菌毒素含量特点

霉菌毒素广泛存在于各种饲料原料中，其中粮食谷物和酒糟中主要霉菌毒素有黄曲霉毒素 B_1、玉米赤霉烯酮、呕吐毒素和赭曲霉毒素等[37-38]。仅 1 个样品检测出少量的黄曲霉毒素 B_1，由于在采样中都是采用新鲜酒糟，也表明样品的运输保存好。徐建[20]报道白酒糟霉菌毒素含量极少，与本试验结果一致。

4　结　论

① 啤酒糟的 CP 含量最高，可以作为蛋白质饲料；玉米酒糟的 NFE、淀粉及 CP 含量均较高，可以同时作为能量和蛋白质饲料；浓香型高粱酒糟的 CF、NDF、ADF 和 ADL 含量最高，可以作为粗饲料。

② CNCPS 评定结果表明，啤酒糟蛋白质可发酵程度最高，是优质蛋白质来源；玉米酒糟碳水化合物可发酵程度最高，是优质碳水化合物来源；浓香型高粱酒糟可发酵程度最低，作为反刍动物饲料时品质较低。

③ 抗营养因子中，浓香型高粱酒糟的 Si 含量最高，影响其他营养成分的消化吸收，营养价值较低。不同类型酒糟样品中霉菌毒素和单宁含量极少，实际生产中可不予考虑。

参考文献：

[1] 信春晖,许玲,于盼盼,等.浅述粮谷原料在白酒酿造中的作用[J].酿酒,2016,43(5):44–48.

[2] 李大和.试谈中国白酒的香型[J].酿酒科技,2013(10):104–106.

[3] 谢正军,曹镜明,万建华.白酒糟饲用价值分析与应用探讨[J].饲料工业,2014,35(12):51–53.

[4] FOX D G,TEDESCHI L O,TYLUTKI T P,et al.The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion[J].Animal Feed Science & Technology,2004,112(1/2/3/4):29–78.

[5] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003.

[6] VAN SOEST P J.Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages[J].Journal of Animalence,1967,26(1):119.

[7] KRISHNAMOORTHY U,SNIFFEN C J,STERN M D,et al.Evaluation of a mathematical model of rumen digestion and an *in vitro* simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen-undegraded nitrogen content of feedstuffs[J].British Journal of Nutrition,1983,50(3):555–568.

[8] LICITRA G,HERNANDEZ T M,VAN SOEST P J.Standardization of procedures for nitrogen fraction on ruminant feeds[J].Animal Feed Science and Technology,1996,57(4):347–358.

[9] ALONSO V,CAVAGLIERI L,RAMOS A J,et al.Modelling the effect of pH and water activity in the growth of Aspergillus fumigatus isolated from corn silage[J].Journal of Applied Microbiology,2017,122(4):1048–1056.

[10] 戴伟民,张克勤,段彬伍,等.测定水稻硅含量的一种简易方法[J].中国水稻科学,2005,19(5):460–462.

[11] SNIFFEN C J,O'CONNOR J D,VAN SOEST P J,et al.A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets:Ⅱ.Carbohydrate and protein availability[J].Journal of Animal Science,1992,70(11):3562–3577.

[12] 徐建,陈代文,毛倩,等.白酒糟的营养价值评定[J].中国畜牧杂志,2012,48(7):47–50.

[13] 谭之磊,刘建辉,马凯,等.白酒糟综合利用新技术[J].广东化工,2015,42(7):72–73.

[14] 焦肖飞,刘建学,韩四海,等.复合菌生物转化白酒糟发酵条件的优化[J].食品科学,2015,36(17):164–168.

[15] 杨嘉伟.玉米酒糟浸出脱脂研究[D].硕士学位论文.无锡:江南大学,2013.

[16] KELZER J M,KONONOFF P J,TEDESCHI L O,et al.Evaluation of protein fractionation and ruminal and intestinal digestibility of corn milling co-products[J].Journal of Dairy Science,2010,93(6):2803–2815.

[17] 李颖丽.内蒙古地区奶牛饲料 CNCPS 体系数据库的建立[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.

[18] 夏中生.饲料学[M].桂林:广西师范大学出版社,2005.

[19] 吴发莉.不同区域和季节对高寒天然牧草品质的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2014.

[20] 徐建.白酒糟对猪营养价值的评定[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2011.

[21] 陈艳.肉牛常用饲料营养价值评定[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2014.

[22] YU P Q,NUEZ-ORTÍN W G.Relationship of protein molecular structure to metabolisable proteins in different types of dried distillers grains with solubles:a novel approach[J].British Journal of Nutrition,2010,104(10):1429–1437.

[23] 史丹丹,张永根.玉米 DDGS 作为反刍动物能量或蛋白饲料原料的营养价值[C]//中国林牧渔业经济学会饲料经济专业委员会第五届学术交流大会论文集.三亚:中国林牧渔业经济学会,2008:92–97.

[24] 吕玉玲,周玉香,肖桂萍.反刍动物常用饲料营养价值的评定[J].黑龙江畜牧兽医,2011(9):86–87.

[25] ADAMS R S.Variability in mineral and trace element content of dairy cattle feeds[J].Journal of Dairy Science,1975,58(10):1538–1548.

[26] 张雅雪.酒糟菌糠的成分分析及其对肉鸭免疫功能和肠道主要菌群的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2011.

[27] 范占炼.上海地区奶牛非常规饲料的安全评估及应用[D].博士学位论文.南京:南京农业大学,2013.

[28] 王晓力,王春梅,王永刚,等.酒糟营养成分检测及其酶水解研究[J].中国草食动物科学,2014,34(1):28–31.

[29] 房进广.麦瑞加拉鲮对 12 种饲料原料表观消化率及其饲料中适宜蛋能比的研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2016.

[30] 穆志新,田翔,师颖.高粱中单宁含量的检测方法分析[J].山西农业科

学,2014,42(6):551–553.

[31] CORTÉS J E,MORENO B,PABÓN M L,et al.Effects of purified condensed tannins extracted from *Calliandra*, *Flemingia* and *Leucaena* on ruminal and postruminal degradation of soybean meal as estimated *in vitro*[J].Animal Feed Science and Technology,2009,151(3/4):194–204.

[32] 郭旭凯,杨玲,张福耀,等.高粱子粒理化特性与清香型大曲白酒酿造关系的研究[J].中国酿造,2016,35(12):40–43.

[33] 张志刚,吴生文,陈飞.大曲酶系在白酒生产中的研究现状及发展方向[J].中国酿造,2011,30(1):13–16.

[34] 王红彦,王道龙,李建政,等.中国稻壳资源量估算及其开发利用[J].江苏农业科学,2012,40(1):298–300.

[35] 李青.贵州省白酒酒糟综合利用的探讨[J].酿酒科技,2014(10):92–93.

[36] 翟桂玉,张新铨.硅在动物营养中的作用[J].饲料与畜牧,1992(2):19–20.

[37] 周闯,何成华,司慧民,等.2012 年国内饲料及原料霉菌毒素污染调查分析[J].畜牧与兽医,2014,46(1):81–84.

[38] LBRYDEN W L.霉菌毒素研究现状及未来挑战[J].中国家禽,2014,36(2):34–37.

Comparative Study on Nutrients Compositions of Different Types of Distillers' Grains

LI Qian[1] PEI Zhaoxi[1*] WANG Zhisheng[1**] PENG Quanhui[1] XUE Bai[1] WANG Lizhi[1]

ZOU Huawei[1] ZHOU Ting[1] LI Fengpeng[1] WANG Xueying[1] ZHU Yixiao[1] XIA Ke[2]

（1. *Animal Nutrition Institute of Sichuan Agricultural University*, *Ya'an* 625014, *China*; 2. *COFCO (Chengdu) Grain & Oil Industry Co., Ltd.*, *Chengdu* 610000, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to compare the nutrients compositions and evaluate the nutrients values of different types of distillers' grains. The 24 distillers' grains samples were divided into five categories, 8 *Luzhou*-sorghum distillers' grains (L-SDG), 4 *Maotai*-sorghum distillers' grains (M-SDG), 4 highland barley distillers' grains (HBDG), 3 corn distillers' grains (CDG), 5 barley brewers' grains (BBG), analysed the nutrients compositions, evaluated ruminal fermentation characteristics by Cornell net carbohydrate and protein system (CNCPS), determined the contents of iron, copper, manganese and zinc by atomic absorption spectrometry, and determined the contents of anti-nutritional factors, such as tannin and silicon. The results showed as follows: 1) the pH and primary moisture content of BBG were significantly higher than those of other distillers' grains (P<0.05). 2) BBG had the highest content of crude protein, and significantly higher than that of L-SDG, HBDG and CDG (P<0.05). The neutral detergent insoluble protein (NDIP) content of BBG and M-SDG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05). The acid detergent insoluble protein (ADIP) content of L-SDG and M-SDG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05). The ether extract content of CDG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05). The crude fiber, neutral detergent fiber, acid washing fiber and acid detergent lignin contents of M-SDG were significantly higher than those of other distillers' grains (P<0.05). The starch content of CDG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05), the starch content of BBG was significantly lower than that of other distillers' grains (P<0.05). 3) According to the CNCPS method' division, the of carbohydrate A （CA） proportion of BBG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05), the carbohydrate B_1 (CB_1) proportion of CDG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05), the carbohydrate C (CC) proportion of L-SDG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05), the protein B_3 (PB_3) proportion of BBG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05), the protein C (PC) proportion of L-SDG was significantly higher than that of other

distillers' grains (P<0.05). 4) The iron and manganese contents of L-SDG and M-SDG were significantly higher than those of other distillers' grains (P<0.05), the copper and zinc contents of BBG were significantly higher than those of other distillers' grains (P<0.05). 5) The tannin content of BBG was significantly lower than that of other distillers' grains (P<0.05), the silicon content of L-SDG was significantly higher than that of other distillers' grains (P<0.05). It is concluded that there are differences in the conventional nutrients of different types of distillers' grains. CDG provide the highest carbohydrate quality and BBG provide the highest protein quality, HBDG and M-SDG have better quality, and the quality of L-SDG is the worst. We should add them in feed reasonably based on the actual production needs.

Key words: distillers' grains; nutrient compositions; CNCPS

---

*Contributed equally

**Corresponding author, professor, E-mail: zswangsicau@126.com （责任编辑　武海龙）